

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-291518

(43)Date of publication of application : 03.12.1990

(51)Int.Cl.

G02F 1/035

(21)Application number : 01-111501

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 28.04.1989

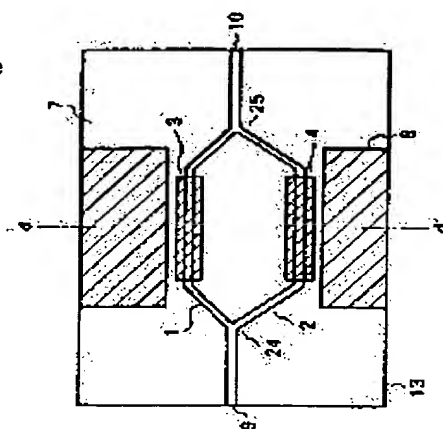
(72)Inventor : FUJITA SADA
SUZAKI TETSUYUKI
KONDO MITSUKAZU

(54) OPTICAL MODULATOR AND ITS DRIVING METHOD, AND OPTICAL MODULATOR DRIVING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce a driving voltage to half and to constitute a driving circuit of simple constitution by providing a means which generates a shape difference $N\pi + \pi/2$ (N : zero or a positive integer) between branch light beams between the optical multiplexing and demultiplexing parts of a Mach-Zehnder optical modulator.

CONSTITUTION: The means which generates the phase difference $N\pi + \pi/2$ (N : positive integer) between the branch light beams is provided between the optical multiplexing and demultiplexing parts of the Mach-Zehnder optical modulator. Namely, the optical waveguides 1 and 2 between the optical multiplexing and demultiplexing parts 24 and 25 are varied in length geometrically to make light $\pi/2$ out of phase at the position of the optical multiplexing and demultiplexing parts 25, thereby generating the light phase difference $\pi/2$ between the two optical waveguides. Then intensity modulation can be imposed on light by applying a voltage whose amplitude is zero to $V\pi/2$ between electrodes 3 and 4. Therefore, biphasic driving is performed to reduce a switching voltage to about a half as high as that at the time of single-phase driving. Consequently, the driving method for the optical modulator which operates fast and is low in switching voltage is obtained.



⑫ 公開特許公報(A)

平2-291518

⑤ Int. Cl.⁵

G 02 F 1/035

識別記号

庁内整理番号

8106-2H

⑬ 公開 平成2年(1990)12月3日

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全8頁)

⑭ 発明の名称 光変調器とその駆動方法および光変調器駆動装置

⑮ 特 願 平1-111501

⑯ 出 願 平1(1989)4月28日

⑰ 発 明 者	藤 田	定 男	東京都港区芝5丁目33番1号	日本電気株式会社内
⑰ 発 明 者	洲 崎	哲 行	東京都港区芝5丁目33番1号	日本電気株式会社内
⑰ 発 明 者	近 藤	充 和	東京都港区芝5丁目33番1号	日本電気株式会社内
⑰ 出 願 人	日本電気株式会社		東京都港区芝5丁目7番1号	
⑰ 代 理 人	弁理士 内 原 晋			

明 細 書

発明の名称

光変調器とその駆動方法および光変調器駆動装置

特許請求の範囲

(1)光導波路伝搬光を2分岐し、得られた各分岐光の伝搬導波路近傍に各々設けた第1、第2の電極に電圧を印加して、位相変調を施した後合波するマッハツェンダ形光変調器において、該マッハツェンダ形光変調器の、光合分波部に各分岐光間の光の位相差を $N\pi + \pi/2$ (N は0または正の整数)とする手段を設けたことを特徴とする光変調器。

(2)光導波路伝搬光を2分岐し、得られた各分岐光の伝搬導波路近傍に各々設けた第1、第2の電極に電圧を印加して、位相変調を施した後合波するマッハツェンダ形光変調器において、前記分岐部と前記合波部の間の2本の光導波路の長さを、各々の伝搬光の位相差が $N\pi + \pi/2$ (N は0または正の整数)となるように設定したことを特徴とする光変調器。

(3)光導波路伝搬光を2分岐し、得られた各分岐光の伝搬導波路近傍に各々設けた第1、第2の電極に電圧を印加して、位相変調を施した後合波するマッハツェンダ形光変調器において、前記分岐部と前記合波部の間の2本の光導波路の一部に屈折率を変化させた領域を、あるいは前記光導波路の回りのクラッド層の一部の屈折率を変化させた領域を形成して、この光導波路の伝搬光の光の位相差を $N\pi + \pi/2$ (N は0または正の整数)としたことを特徴とする光変調器。

(4)光導波路伝搬光を2分岐し、得られた各分岐光の伝搬導波路近傍に各々設けた第1、第2の電極に電圧を印加して、位相変調を施した後合波するマッハツェンダ形光変調器において、前記光分岐部と前記光合波部の間の2本の光導波路の一部の幅もしくは深さを変えて、この光導波路の伝搬光の光の位相差を $N\pi + \pi/2$ (N は0または正の整数)としたことを特徴とする光変調器。

(5)光導波路伝搬光を2分岐し、得られた各分岐光の伝搬導波路近傍に各々設けた第1、第2の電極に電

圧を印加して、位相変調を施した後合波するマッハツェンダ形光変調器において、前記光分岐部と前記光合波部の間の2本の光導波路の少なくとも一部分に第3の電極を設け、この第3の電極に電圧を印加して、光導波路の伝搬光の光の位相差を $N\pi + \pi/2$ (N は0または正の整数)としたことを特徴とする光変調器。

(6)請求項1、2、3、4、または5記載の光変調器の駆動方法において、前記第1の電極には信号光のマーク・スペースに対応した第1のデータ電圧を、第2の電極には、前記データ電圧の否定出力を印加することを特徴とする光変調器の駆動方法。

(7)光導波路伝搬光を2分岐し、得られた各分岐光の伝搬導波路近傍に各々設けた第1、第2の電極に電圧を印加して、位相変調を施した後合波するマッハツェンダ形光変調器と、該マッハツェンダ形光変調器の2つの電極に変調電圧を印加するための駆動回路とを含み、前記駆動回路は、エミッタを共通端子とした2個のバイポーラトランジスタと、前記エミッタに、接続したバイポーラトランジスタ

を用いた定電流源とで構成される差動型電圧駆動回路もしくは、ソースを共通端子とした2個の電界効果トランジスタ(FET)と前記ソースに接続したFETを用いた定電流源とで構成される差動型電圧駆動回路であり、マッハツェンダ形光変調器の第1、第2の電極に印加する変調電圧は、前記2個のバイポーラトランジスタのそれぞれのコレクタ、もしくは、前記2個のFETのそれぞれのドレインから取り出し、これらの変調電圧の振幅値は前記バイポーラトランジスタを用いた定電流源のベースもしくは、FETを用いた定電流源のゲートの電圧を調整する事の特徴とする光変調器駆動装置。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光通信システムに於ける光送信部での光変調器の構造および、駆動方法に関するものである。

(従来の技術)

近年、大容量の情報を伝送するための光通信システムとして、伝送速度がギガビットレンジの光

通信装置が開発されている。このような大容量の光通信システムに用いる光通信部としては、変調時にも、スペクトル拡がり小さく、光ファイバの分散の影響を受けずに長距離伝送が可能となる。リチウムナイオベート(LiNbO_3)を用いたマッハツェンダ型の光変調器が有望である。(例えば、清野らによる“モード結合型Y分岐を用いた LiNbO_3 強度変調器モジュール”昭和62年電子情報通信学会半導体材料部門全国大会360)

このような変調器では、帯域7GHz、挿入損失1.9dBと良好な変調特性を実現し、実際に伝送速度4Gb/sの高速変調を行い、100km以上の光ファイバ伝送実験にも適用されている。

(発明が解決しようとする課題)

上述のように LiNbO_3 を用いたマッハツェンダ形光変調器は、高速動作、狭スペクトル特性、定損失等の利点を有するが、実際のシステム適用に際しては、スイッチング電圧が高いと云う欠点がある。例えば、マッハツェンダ形変調器ではスイッチング電圧5.3Vが必要となるが4Gb/sの伝送速度で

5V以上の電圧振幅を得る駆動回路を実現するのは困難である。

また、変調器で使用する消費パワーも大きくなり、光送信部の温度上昇が生じる等の問題も生じる。

本発明の目的は、高速で動作し、しかもスイッチング電圧の低い光変調器の駆動方法および駆動装置を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本発明の光変調器は、光導波路伝搬光を2分岐し、得られた各分岐光の伝搬導波路近傍に各々設けた第1、第2の電極に電圧を印加して、位相変調を施した後合波するマッハツェンダ形光変調器において、該マッハツェンダ形光変調器の、光合波部間に各分岐光間の光の位相差を、 $N\pi + \pi/2$ (N は正の整数)とする手段を設けたことを特徴とする。

ここで、 $N\pi + \pi/2$ の位相差を設ける手段としては、

(1) 光合分波部間2本の光導波路の長さを変える。

または (2) 光合分波部間2本の光導波路の一部の屈折率を変化させるあるいは光導波路の回りのクラッド層の一部の屈折率を変化させる
 または (3) 光合分波部間2本の光導波路の一部の幅もしくは深さを変える
 または (4) 光合分波部間2本の光導波路の一部に第3の電極を設け、電圧を印加する等の手段がある。

また本発明の光変調器の駆動方法は、前記光変調器の第1の電極には信号光のマーク・スペースに対応した第1のデータ電圧を、第2の電極には、前記データ電圧の否定出力を印加することを特徴とする。

また、本発明の光変調器駆動装置は、光導波路伝搬光を2分岐し、得られた各分岐光の伝搬導波路近傍に各々設けた第1、第2の電極に電圧を印加して、位相変調を施した後合波するマッハツェンダ形変調器と、該マッハツェンダ形変調器の2つの電極に変調電圧を印加するための駆動回路とを含み、前記駆動回路は、エミッタを共通端子とした2

個のバイポーラトランジスタと、前記エミッタに、接続したバイポーラトランジスタを用いた定電流源とで構成される差動型電圧駆動回路もしくは、ソースを共通端子とした2個の電界効果トランジスタ(FET)と前記ソースに接続したFETを用いた定電流源とで構成される差動型電圧駆動回路であり、マッハツェンダ変調器の2つの電極に印加する電圧振幅値が等しく極性の異なる変調電圧は、前記2個のバイポーラトランジスタのそれぞれのコレクタ、もしくは、前記2個のFETのそれぞれのドレインから取り出し、これらの変調電圧の振幅値は前記バイポーラトランジスタを用いた定電流源のベースもしくは、FETを用いた定電流源のゲートの電圧を調整する事の特徴とする。

(作用)

以下に第6図と第7図を用いて、本発明の作用を説明する。第6図は、マッハツェンダ形光変調器の構造図、第7図は変調器に印加する電圧および光の位相の関係を示す図である。

第6図の変調器は第1、第2の光導波路1、2及び第1、第2の光合分岐部11、12、及び第1、第2の電極3、4で構成されている。一般にこのようなマッハツェンダ形光変調器では2本の光導波路1、2を伝播する光の位相差を0および π として、光の位相のたし合わせ、及び打ち消し合いを行い光のON、OFFの変調を行なっている。この動作を実現するには、例えば、第2の電極4を接地させて第1の電極3に光の位相が0から π まで変化するための電圧 $V\pi$ を印加すればよい。この場合、第1の電極3に印加する信号波形を第7図(a)に、第1の光導波路の第1の出射部5と、第2の光導波路の第2の出射部6の光の位相の様子を第7図(b)、(c)に示す。ここで電圧を印加しない場合の光の位相状態は点線で示してある出射端10からの光の出力がOFFとなる場合には、第7図(b)と(c)の光の位相は逆相となり、出射端10からの光の出力がONとなる場合には第7図(b)と(c)の光の位相は同相となっている。

一方、電圧の印加の方法としては、上述の方法以外のものも考えられる。例えば、電極7、8を接

地電極として、第1の電極3と電極7の間に、光の位相が0から $\pi/2$ まで変化する電圧 $V\pi/2$ を加え(第7図(d))、第2の電極4と電極8との間に光の位相が0から $-\pi/2$ まで変化する電圧 $-V\pi/2$ (第7図(e))を加える方法も考えられる。この時の光の位相変化を第7図(f)、(g)に示す。この場合には、第1、第2の電極3、4に加える電圧の振幅値は、第7図(a)に比べ半分となる。

しかし、第7図(d)、(e)は電圧が+、-の正負の値を取るため、駆動回路に、特殊な回路と+、-の両電源系を用いなければならないと云う問題が生じる。本発明はこのような問題を解決するために、例えば、第2の光導波路2の光の位相をあらかじめ、 $\pi/2$ ずらしてやるものである。第7図(j)(k)に光導波路の出射部5、6の光の位相の様子を示す。ここでは光導波路の出射部6の光の位相を $\pi/2$ 遅らせている。

この場合、出射端10からの光の出力がON、OFFするためには、電極3と電極間に加える第1の電圧(第7図(h))と電極4と電極8間に加える第2の電圧(第7

図(i))は、電圧振幅値が0から $V_n/2$ とともに等しく第2の電圧は第1の電圧(DATA)の否定信号である $\overline{\text{DATA}}$ となる変調電圧を加えればよいこととなる。

尚、このような電圧波形を出力する駆動回路は単一電源系で構成することができる。

(実施例)

以下、実施例を示して本発明を詳しく説明する。第1図に本発明の実施例である光変調器の構成図を示す。

本実施例では2本の光導波路間に $n/2$ の光の位相差を持たせるために、光合分岐部24、25間の光導波路1、2の長さを幾何学的に変えて、光合分岐部25の位置で光の位相が $n/2$ 異なる様にしている(第1図(a))。

また、第1図(b)には本変調器の断面図を示すが、本実施例では基板13にリチウムナイトレート(LiNbO_3)の基板を用い、光導波路1、2はチタン(Ti)拡散により形成した。また電極3、4、7、8と基板13の間にはパフファ層として、 SiO_2 膜15を用いた。

上り、10psの良好な光変調波形を得ることができた。

以上の実施例では、光の位相差が $n/2$ となる様に光導波路1、2の長さを決定したが、光導波路1、2の長さはこの例に限らず、光の位相差が $3n/2$ 、 $5n/2$ 、...となる様に光導波路1、2の長さを調整してもよい。

本発明の他の実施例である光変調器の構成を第2図に示す。

本実施例では2本の光導波路間に $n/2$ の光の位相差をもたせるために、光導波路1、2のパフファ層14の屈折率を一部分変化させる構成をとっている。

第2図では、光の位相調整のために、光導波路1、2の一部に、パフファ層の比誘電率が SiO_2 膜と異なる位相シフト領域14を設け、それぞれの位相シフト領域14の長さを調整して $n/2$ の光の位相差を実現している。ここでは、位相シフト領域14のパフファ層には比誘電率が SiO_2 の $\epsilon_r=1.47$ よりも大きな $\epsilon_r=2.0$ 酸化ニオブの膜を用い、光の位相をシ

以上の構成のマッハツェンダ形光変調器では、変調器の第2の光合分岐部25での光の位相状態は、第7図(j)、(k)に示すようになるため、電極3、4に第7図(h)、(i)で示すような振幅か0から $V_n/2$ の電圧を加えれば、光の強度変調が実現できる。

実際にこの光変調器を動作させ、スイッチング特性を測定した。まず、スイッチング電圧の低減の効果を確認するため、電極3、7間のみに変調電圧を加える単相駆動でスイッチング電圧を測定した。その結果、ON、OFFのスイッチングを行う電圧値は5.5Vであった。一方電極3、7間に第1の電圧(DATA)、電極4、8間に第2の電圧($\overline{\text{DATA}}$)を加えた両相駆動時には、スイッチングに必要な電圧は0Vから2.3Vと単相駆動時の約 $1/2$ と小さくできた。

またこの変調器を進行波動作させ、小信号周波数特性を測定したところ、3dB downのカットオフ周波数は11GHzと広帯域であり、伝送速度9.6Gb/sの光変調に際しても、駆動電圧は0V~2.3Vの両相駆動方式で、消光比15dB以下、パルス立ち

上り、10psの良好な光変調波形を得ることができた。

本変調器のスイッチング特性の測定を行なった結果、単相駆動の場合のスイッチング電圧は、6V、一方、両相駆動の場合スイッチング電圧は3.1Vであり、スイッチング電圧を約半分にした。

また、本変調器に加える電圧を0から3.2Vの差動での両相駆動方式として、伝送速度9.6Gb/sの変調を行なった場合、消光比、12dBで、良好な応答速度の光変調波形を得ることができた。

さらに、本発明に於ける位相シフト領域14の構成は、上述の方法に限らずパフファ層に、比誘電率 $\epsilon_r=2.0$ の酸化アエン膜を用いる方法や、光導波路部分のチタン(Ti)の拡散濃度を一部変化させて、光導波路1、2の屈折率を変える事により、位相シフト領域を構成する方法を用いてもよい。

本発明の他の実施例である光変調器の構成を第3図に示す。

本実施例では、2本の光導波路間に $\pi/2$ の光の位相差をもたせるために、第1と第2の光導波路1、2の断面形状を変化させている。

この場合には、断面形状が異なるので、ひかり導波路1、2の光の位相定数が変化する。ここでは、第2の光導波路2のチタン拡散の幅を広くし、第2の光導波路2の位相定数を大きくして、 $\pi/2$ の光の位相差を実現している。

本変調器に於いても、両相駆動を行うことによりスイッチング電圧は単相駆動の場合の約1/2に低減できた。

本発明の他の実施例である光変調器の構成を第4図に示す。

本実施例では、2本の光導波路間に $\pi/2$ の光の位相差をもたせるために、外部からの電圧の印加により、位相の調整が可能な、位相シフト領域14を用いている。第4図の位相シフト領域14は、光導波路1、2上に電極16、17が形成された構成であり、DC電圧の印加により動作させる。

トに限らず、半導体材料を用いてマッハツェンダ形変調器を構成してもよい。

本発明の光変調器駆動装置の実施例である駆動回路の構成を第5図に示す。

本駆動回路は、バイポーラトランジスタQ1、Q2のエミッタを共通端子とし、Q1、Q2のエミッタには、バイポーラトランジスタQ3を用いた定電流源を接続した差動型電圧駆動回路である。

バイポーラトランジスタQ1、Q2のコレクタは、伝送線路22、23を介して、マッハツェンダ形変調器の電極3、4の一端に接続され、電極3、4の他端には、終端抵抗ZLを接続して光変調器を進行波形動作させている。また本変調器の出力は本変調器の出力は分岐比10:1の方向性結合器18によりモニタでき、そのモニタ出力は光検出器19で観測される。

この光検出器19の出力はアンプ20、及び比較回路21を回路21を介して、駆動回路のバイポーラトランジスタQ3のベースに入力される。このループの回路により、光変調器に入力される。電圧振幅

本変調器の動作を例示するには、例えば電極16に $-\pi/4$ の光の位相変化を与える $-V_{\pi}/4$ を、電極17には $+\pi/4$ の光の位相変化を与える $+V_{\pi}/4$ を印加して2つの光導波路間の光の位相差を $\pi/2$ とすれば良い。この変調器の π の位相変化を与える V_{π} は3.6Vであったため、電極16には $-0.9V$ 、電極17には $+0.9V$ 、電極3、及び電極4には $V_{\pi}/2$ の電圧振幅の0V~1.8Vの逆相の電圧を両相駆動で入力する事により、消光比20dBの良好な特性が定電圧駆動で実現できた。

尚、本発明では、光変調器の位相シフト領域14の電極16、17には任意の電圧が印加できるため、位相の微妙な調整が可能となり、殆んど消光比劣化の無い光変調を行うことができた。

また、本実施例に於いては、位相シフト領域14を2個設けたが、位相シフト領域14は1個。もしくは2個以上設けても良い。

また、以上の光変調器の実施例では、リチウムナイオベート基板を用いたマッハツェンダ形変調器を示したが、用いる材料はリチウムナイオベ

値が調整され、光変調器からの光出力パワーを一定に制御することができる。

実際に光変調器には、光導波路1、2の長さを調整して、光の位相差を $\pi/2$ としたマッハツェンダ変調器を用い、さらに本実施例の駆動回路を用いて、伝送速度より9.6Gb/sでの光変調を行なった。本駆動回路からは振幅が0V~2.3Vの両相出力が安定に供給され、光変調器の出力は良好な消光比でパルス立ち上り10psの高速な光変調波形となった。

また、本駆動回路は、光出力を安定するためのバイポーラトランジスタQ3を用いた定電流源を供えているため、温度変動等の外乱に対しても安定な光出力を得ることができた。

以上の実施例は、バイポーラトランジスタを用いたのであるが、トランジスタの種類はこれに限らず、電界効果トランジスタ(FET)等を用いてもよい。

(発明の効果)

以上、説明した様に、本発明によれば、マッハツェンダ形光変調器の駆動電圧を半分に低減できる。

また、マッハツェンダ形光変調器に入力する変調電圧は振幅値が等しく、極性が逆の変調電圧となるため、簡単な構成の駆動回路を用いることができる。

図面の簡単な説明

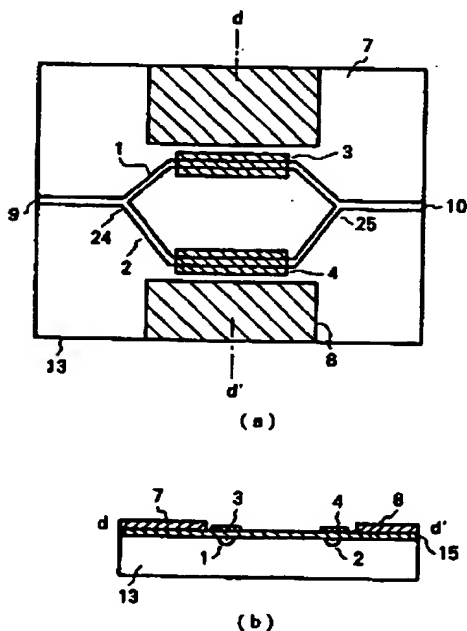
第1図は本発明の実施例である光変調器の構成図、第2図は本発明の他の実施例である光変調器の構成図、第3図は本発明の他の実施例である光変調器の構成図、第4図は本発明の他の実施例である光変調器の構成図、第5図は本発明の他の実施例である光変調器の駆動回路の構成図、第6図は本発明を説明するためのマッハツェンダ形光変調器の構成図、第7図は本発明の作用を説明するための図である。

図中、1,2…光導波路、3,4,7,8,16,17…電極、5,6…光導波路の出射部、9…入力端、10…出力端、11,12…光合分岐部、13…基板、14…位相シフト領域、

15… SiO_2 膜、18…方向性結合器、19…光検出器、20…アンプ、21…比較回路、22,23…伝送線路、24,25…光合分岐部である。

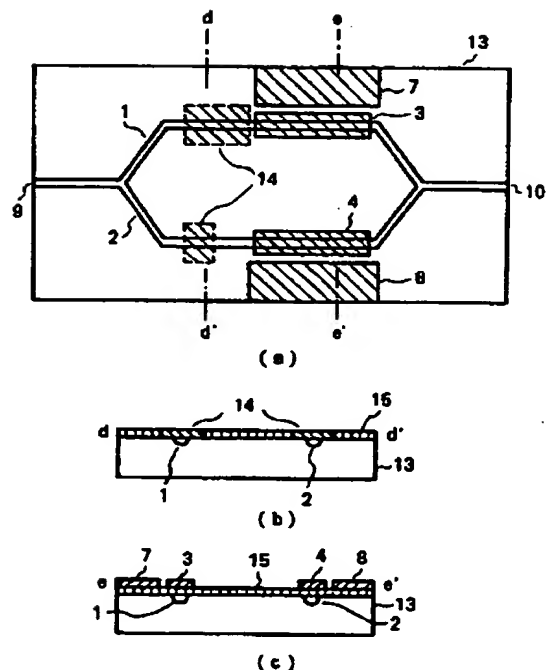
代理人 弁理士 内原 晋

第 1 図



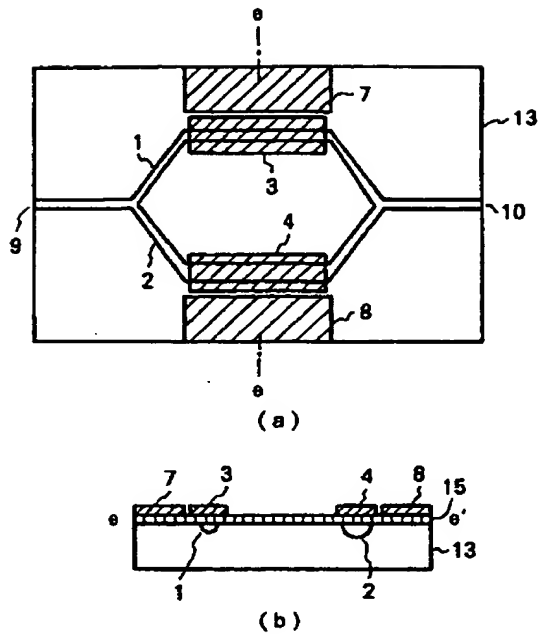
1, 2 … 光導波路 3, 4, 7, 8 … 電極 9 … 入力端
10 … 出力端 13 … 基板 15 … SiO_2 膜
24, 25 … 光合分岐部

第 2 図



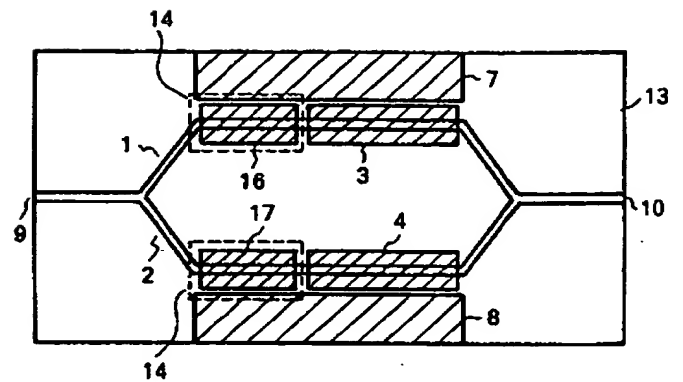
1, 2 … 光導波路 3, 4, 7, 8 … 電極
9 … 入力端 10 … 出力端 13 … 基板
14 … 位相シフト領域 15 … SiO_2 膜

第 3 図



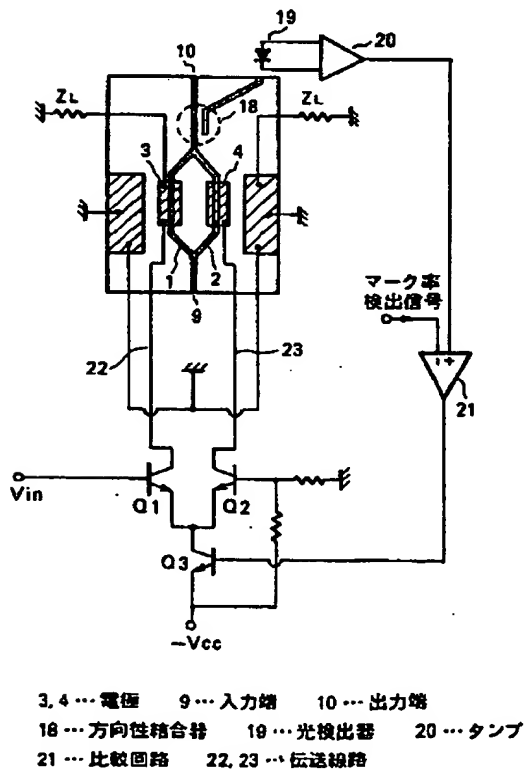
1, 2 … 光導波路 3, 4, 7, 8 … 電極 9 … 入力端
10 … 出力端 13 … 基板 15 … SiO₂ 膜

第 4 図

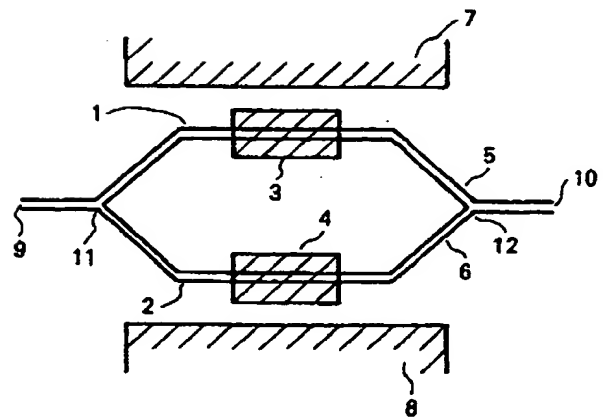


1, 2 … 光導波路 3, 4, 7, 8, 16, 17 … 電極
9 … 入力端 10 … 出力端 13 … 基板
14 … 位相シフト領域

第 5 図



第 6 図



1, 2 … 光導波路
3, 4, 7, 8 … 電極
5, 6 … 光導波路の出射部
9 … 入力端 10 … 出力端
11, 12 … 光合分岐部

第 7 圖

